

有机电子更清洁 ——塑料代替硅

塑料虽广泛应用于现代生活的每个角落，但至今还未能在电子行业得到广泛应用。塑料的分子特性使它无法导电，其用途因此被局限在计算机外壳和电线绝缘层。但是，近几年的研究发现，塑料聚合物经过处理后，也可以用来制造晶体管、导体及其他电气元器件。碳/氢/氧聚合物的应用正是有机电子领域研究的主题。

“这是一个发展很快的行业，”美国标准与技术研究院高新技术电子与光子研究组组长Michael Schen说，“我们已经得知，塑料的应用前景非常广阔，包括晶体管、电子电路、高密度能量储存装置、先进的发光显示器及先进的光电池。”而且，塑料的优点也很多——研究人员发现，在许多情况下，塑料可用来代替硅，而且更安全、更廉价、更轻便。

安全、廉价、轻便

Schen说，有机电子所涉及的有害化合物和材料比传统技术要少得多。砷（用于半导体生产）、磷化氢（用于晶体管生产）、铅（用于传统阴极射线管CRT的磷光漆）以及汞（用于背光源）从此将一去不复返。

硅及硅基元器件的生产制造要耗用大量的水及经300~500℃的高温处理。硅及半导体生产过程中要使用多种溶剂，其中包括毒性极强的二甲苯和甲苯。半导体工业每年都要消耗数十万加仑这样的溶剂。

与硅生产相反，剑桥显示器技术公司业务发展部副主任Stewart Hough说，他们公司可以在常压不超过150℃的条件下生产以上器

件。尽管该公司的有机技术也要使用溶剂，“但是，我们用一升标准有机溶剂就可以生产10000个显示器，”他说。另外，亚里桑那大学光学中心光学副教授Bernard Kippelen认为，设计出一种可以在毒性更小的溶剂中溶解的有机物是可能的。

聚合物质量轻，且生产成本低，尽管各类聚合物的成本存在很大的差异。Kippelen说，经过调整后，他们中心的涂膜机可以每平方厘米1美分的成本在柔韧的塑料基材上涂厚度仅为10纳米的多层金属或有机涂层（与此相比，生产1平方厘米硅基材的价格大约为1美元）。“有机电子生产与塑料基材相容性高，这意味着可以使用价格很低的基材，”他说，“另外，有机材料非常适合于大面积的应用。例如，用于指纹识别装置的那种1平方厘米的超高纯度硅片价格会非常昂贵。”因为这对超高纯度硅来说已经是相当大的面积了。

Kippelen说，有机光电池的重量比硅基光电池轻100倍。而且，“有机材料的前景与其低成本原材料是分不开的，特别是基材——硅片要比塑料片贵得多。”他说。

专家们普遍承认在某些应用中聚合材料

无法取代硅，如计算机半导体——因为硅的速度要快得多。但在无法使用硅或用硅太贵时，可以用塑料来替代。此项技术正在取得进展。“应该承认，此技术还不如液晶显示器（LCD）等技术那么成熟，但这是一项很有前途的技术，”Hough说。

塑料能源

想象一下这一套系统，当购物者在超市购物时，该系统能对购物者所选择的商品进行跟踪和记录，并将有关信息传送到结账柜台的终端。这样，当顾客到柜台结账时，账单已经出来了。要建立一套这样的系统，每件商品上都要贴上一个标签——这个标签必须轻、柔韧、耐用，还要便宜——这就很像有机“芯片”。

尽管这一想象离现实有一定的距离，但Kippelen认为，有机塑料完全可用于目前仍以硅为主的光电池技术。他说，由于有机光电池重量轻，因此，极其适合用于可充电的个人数码电子产品等消费用品。而且由于其成本极低，可用于发展中国家边远乡村发电。

科研人员目前的主要目标是将有机光电

池的效率提高到可以与硅电池竞争的水平。Kippelen说，关键是研究电子在涂膜中传输的机制。“我们可以将其假想成一个站立不动的篮球运动员，”他解释，“如果你将球传给他，他要弯腰接球、然后再弯腰传给下一个运动员。聚合物里的分子在电荷作用下也要经历同样的变形。研究目标就是要将所谓的‘捕捉时间’尽量缩短，就像让球从一个运动员直接弹到另一个运动员那里，而不需要经过接球再传球的过程。”

Michael McGehee是斯坦福大学材料科学和工程系的助理教授，长期从事有机光电池领域的研究。他研究出的一种方法是将浓盐酸与乙氧基钛、乙醇和Pluronic® P123（一种由BASF生产的嵌段共聚物表面活性剂）混合，形成中孔性二氧化钛膜（中孔是指孔直径在2~50纳米之间）。他将基材在二氧化钛混合物中浸涂，然后经过处理去除嵌段共聚物，使二氧化钛致密。

由于此工艺尚处于开发阶段，McGehee对此不愿过多透露。但他认为有充分理由相信此项技术的巨大前途。“首先，涂膜在常压下就可以进行[这可以降低工艺成本]，”他说，“再者，聚合物价格低，又没有毒性，而高质量的晶体硅的价格极其昂贵。我们的目标是实现塑料片涂膜，只要将塑料片在涂膜机中走一遍，就可以完成基材涂膜。”

McGehee说，大多数晶体硅光电池的能量转换效率为12%，每平方米成本300美元（相当于太阳光最强时，产生1瓦特电能的成本为3.5美元）。他说，关键是要将有机光电池的能量转换效率从目前的3.5%提高到8~12%，使用寿命要达到10~20年，并将成本降低10倍，达到每瓦特50美分。生产制造技术还有待提高以降低成本。许多专家估计这需要5~10年时间。

通讯领域

有机光学是另一个利用塑料发射光子而不是电子这种特有性质飞速发展的技术。光学是光的产生和控导的技术，它包括其他以光子为量单位的辐射能形式。其应用范围涵盖由能源生成到探测、通讯及信息处理等领域。

随着光纤技术应用的不断增多，通讯和数据传输已实现的速度即使在几年前也难以想象。但大多数光纤电缆并未进入民用领域，多数家庭使用的还是老式铜芯电缆，信号进入铜线后，速度会大幅度下降。

此外，还有一个技术瓶颈是将电信号转换成光信号还需要光电调制器。目前的调制器采用特殊工艺产生的铌酸锂晶体制成。铌酸锂是一种稳定的物质（融点在1200℃以上），但有三个主要缺点：转换速度最大每

秒不超过几十亿次；工作电压必须达到6伏（因此能耗高并产生大量热量）；不能直接集成到集成电路芯片上。也就是说，它还必须和集成电路芯片实现某种连接，这可能会造成额外的信号衰减和电力消耗——且不说这会使得相关生产工艺更为复杂。

一个由位于西雅图的华盛顿大学化学教授Larry Dalton带领的研究小组已经研制成功了一种新的嵌在聚合物基材内的载体（一种吸收入射光并发出有色辉光的分子）制成的有机调制器。这种调制器的工作电压只有0.8伏特，转换速度可以达到每秒1100亿次。

“我们所做的，” Dalton说，“是寻求在同一系统内实现电子学和光子学的最佳利用。”光电与光纤或无线通讯之间并不存在竞争问题，相反，光电技术使这些技术能以更大的宽频与最快的电子技术相结合。简而言之，光电材料和设备使得信息能以更快的速度在电子形态与光子形态之间进行转换。其转换速度可以达到兆兆赫。而目前的转换速度仅为几个千兆赫。

Dalton说，采用有机光电材料，所有电路加工都是在干燥条件下采用氧化反应蚀刻和光刻进行加工，从而大大减少了溶剂的使用。“唯一会对环境造成影响的就是那些需要使用溶剂的步骤，如电极沉积和掩模加工，”他解释道，“这些问题是一切材料技术都无法避免的，包括铌酸锂。”

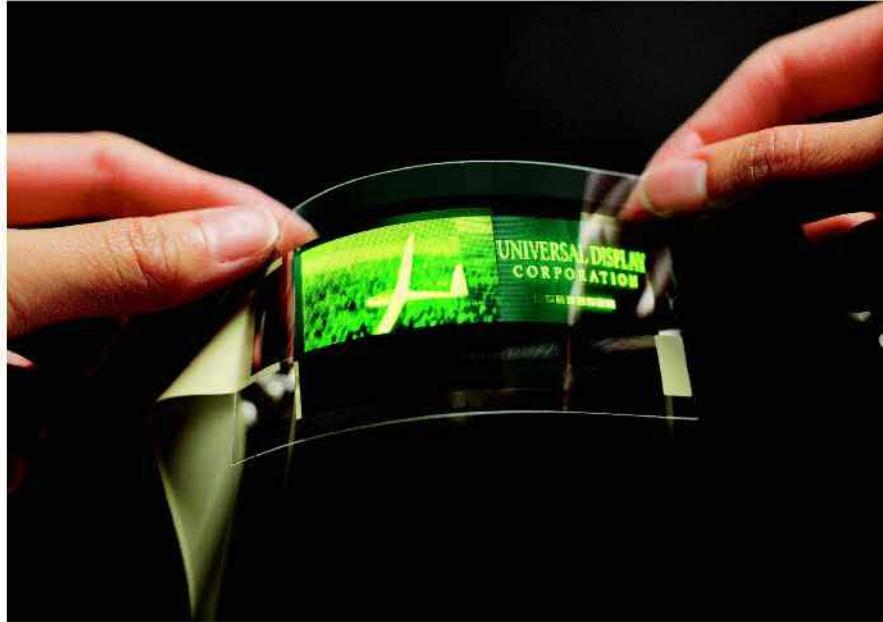
位于华盛顿州Bothell的Lumera公司总裁Tom Mino说，大量实验室试验表明，新的调制设备的使用寿命可达10年。Lumera公司目前正负责将Dalton等人的研究成果商业化。

“此项技术制造成本低、亲环境并降低了使用过程中的电力消耗，” Mino说。但是，和许多其它新技术一样，关键将取决于思科（Cisco）、阿尔卡特（Alcatel）和北方电讯（Nortel）等系统供应公司的合作，在他们年销售量高达数十亿美元的通讯系统中应用这一新技术。

曙光在前

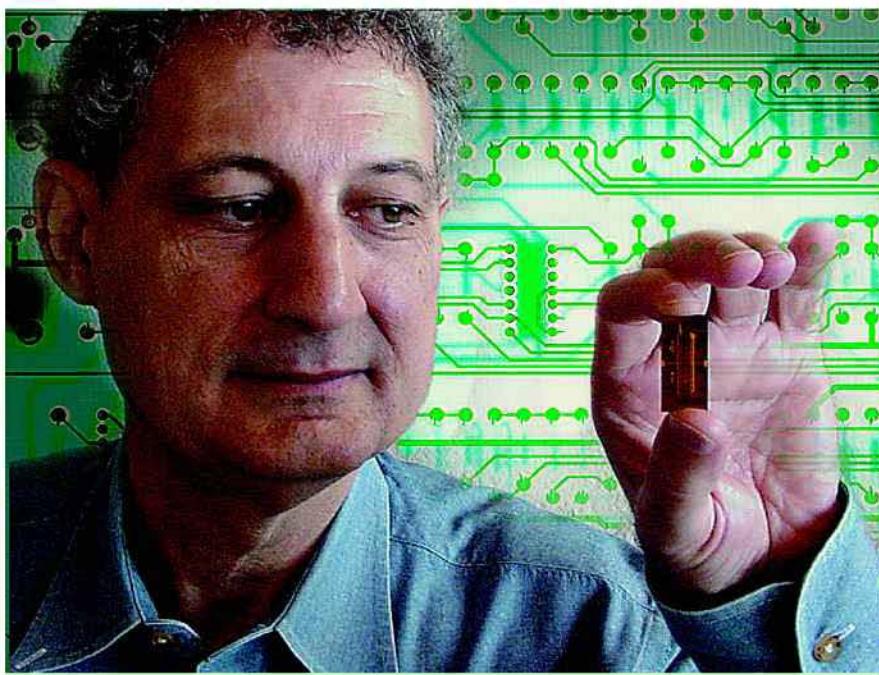
尽管目前计算机芯片还无法使用有机电子，但计算机显示器可以。有机发光显示器（OLED）就是通过接受极性相反的电荷载体——分别由阴极触点和阳极触点产生电子和空穴工作的。在外加电压作用下，电荷载体进入复合区，在此形成单一的“激子”的中性束缚态。所形成的“激子”有两种：单重态和三重态。

在传统的荧光有机发光设备中，发光是单重态激子复合的结果，内部量子效率被限制在25%左右。在磷光OLED中，所有激子都可以围绕一个重金属原子进行系统间过渡后全部转化成三重态。这些三重态辐射性极强，从而可实现极高的效率。新泽西州一家研究开发公司——寰宇显示器公司（Universal Display Corporation）与普林斯顿大学和南加



光线拐弯。寰宇显示器公司开发的可弯曲OLED（上图）技术生产的薄型抗冲击显示器可根据表面轮廓形状任意造型并可多次弯曲。发光聚合物（右）是剑桥（Cambridge）显示器技术公司生产彩色显示器使用的原材料。





解决溶剂问题。图为西雅图的华盛顿大学化学家Larry Dalton手持用干工艺制造的“光学芯片”。该工艺可大大减少溶剂的使用。

州大学成立联合研究小组进行此项技术的开发，并已通过演示证实此类设备的内部效率可达到100%，其节能效率也是空前的。

寰宇显示器公司目前正在研究运用这一技术，生产出轻薄、便于携带、可弯卷的OLED。寰宇公司主管技术商业化应用的副总裁Janice Mahon解释道，液晶显示器是在两块玻璃中间夹入液晶再加上色彩过滤器和荧光背光源构成的。主材料被加入了“掺杂物”来改变并改善其电性能。与此相比，寰宇公司的OLED是在一块玻璃基板上涂上一层3000–5000埃厚的由多层薄膜组成的涂层。她估计，寰宇公司的OLED可节约50%的材料用量。另外，普通LCD需要约200道加工工序，而寰宇公司的OLED只需要86道。“而且，”Mahon说，“只要将现有的LCD生产设备拆除30%并更换其中一半，就可用来生产OLED。”

Mahon说，寰宇公司的OLED技术不使用无机发光设备生产所需要的有害材料。这一技术的环境利益远远不止这些。“举个例子，用我们的技术生产的笔记本电脑显示器比LCD要省电50%，”她说，“随着技术的不断进步，我们可以将功率消耗降低到25%。”

Mahon说，她们公司研制的某些掺杂剂可能会含有微量（少于总体积的1%）重金属，如铱和铂等。这些金属元素要环保得多，不存在处置阴极射线管时要对付铅、汞及其他元素的棘手问题。

她认为，研究此类OLED所需材料面临的最大挑战是如何实现医药化工业要求的高纯度。“纯度对显示器的发光效率、发光颜色以及产品的使用寿命非常关键，”她说，

“如果里面含有杂质会引起副作用，造成显示降级，影响显示器的功能和使用寿命。”

尽管寰宇公司是以研究开发为主，Mahon说，但他们也与许多力图向市场推广应用此项技术产品的公司建立了关系。“OLED技术仍处在刚刚起步的阶段，”她承认，“但是，我们认为这是一项极有前途的技术。”

前途光明

Schen认为，随着新材料不断研制成功、产品使用寿命延长，所有有机电子和光子技术都将大受裨益。“我们已经目睹了不断取得的重大进展，我们应该相信，随着产品使用寿命进一步延长，电子工业必将迎来低成本生产的新时代，”他说。电子工业的另一个目标就是要继续开发和演示不需要目前半导体和平面显示器生产所要求的超清洁环境的工艺。Schen说：“我们可以预见，一些成本昂贵、风险较大的生产工艺终将被淘汰，取而代之的，将是利用有机或可折叠弯卷的电子产品的大量出现。”

Schen进一步指出，有机电子将是一个机会均等的行业。“随着电子工业继续发展，它必将经历一个资金充足的大公司与一些头脑灵活、富有创造力的小企业合并的过程，”他说，“五年以后，我们定会对这一行业的变化感到惊讶。”

—Lance Frazer

译自 EHP 111:A288-A291 (2003)

绿色桌面

NEC Solutions公司最近在美国市场上引入了PowerMate® Mate eco个人计算机。PowerMate eco生产过程中未使用生产传统计算机使用的36种潜在有毒化学物质中的任何一种（如铅、钡、硼、钴等）。这意味着目前计算机生产工人受到的健康威胁降低，而且将来对拆解工人的危害也将减少，或者——万一计算机被随便丢弃到垃圾填埋场——对环境的危害也会减少。此“全功能”机型耗能更低、发热量更少，并且符合美国环保局能源之星计划（Energy Star）标准。

—Erin E. Dooley
译自 EHP 111:A271 (2003)



芯片小，代价大

将原始石英转化成硅晶计算机芯片需要原料包括化石燃料、水以及化学产品，包括一些可能有毒的溶剂、铅、铬、汞、砷、二氧化硅等。东京的联合国立大学研究人员已测定，生产一片重量为2克的芯片所需要的材料的重量是芯片重量的700倍。将这一数字乘以每年报废的2000余万台计算机，芯片的环境代价很快就可以计算出来。特别值得注意的是，计算机通常是不回收利用的。与此相比，生产一辆普通汽车只需要汽车重量两倍的材料。



—Erin E. Dooley
译自 EHP 111:A273 (2003)